

UOT 372.8:53

## ƏTALƏT QÜVVƏLƏRİ HAQQINDA MÜZAKİRƏLƏRƏ MÜASİR YANAŞMALAR

*Zərbəliyeva Vüsalə Sirac qızı, Ramazanova Leyla Aydın qızı,  
Novruzova Gülnara Nadir qızı  
Azərbaycan Dövlət Aqrar Universiteti  
[nazuava22@gmail.com](mailto:nazuava22@gmail.com)*

**Xülasə:** Məqalədə klassik fizikanın yaranması və inkişafı tarixində həmişə müzakirə və mübahisələrə səbəb olmuş ətalət qüvvələrinin təbiətinə müasir yanaşmalara baxılır. Müəyyən edilmişdir ki, bəzi alimlər belə hesab edirlər ki, ətalət qüvvələri ümumiyyətlə yoxdur, onlar fiktiv qüvvələrdir. Bəziləri isə ətalət qüvvələrinə ƏHS-ə nəzərən təcilli hərəkət zamanı cismə təsir edən real qüvvə kimi baxırlar. Üçüncülər isə bu qüvvələri yalnız QƏHS-ə nəzərən hərəkət zamanı real hesab edirlər. Lakin belə nəticə çıxarılmışdır ki, ətalət qüvvələrinin təbiətinin başa düşülməsinə və onların izahına ümumi qəbul edilmiş yanaşma yoxdur. Bu suallara yekun cavab ola bilsin ki, fizikanın, qravitasiya və kosmoqoniya nəzəriyyəsinin indiki və gələcək nailiyyətlərinin bazasında olunacaqdır.

**Açar sözlər:** ətalət qüvvəsi, ətalət hesablama sistemi, Eyler və Dalamber ətalət qüvvələri, qravitasiya və kosmoqoniya nəzəriyyəsi

**Ключевые слова:** сила инерции, инерционная система расчета, силы инерции Эйлера и Даламбера, теория гравитации и космогонии

**Key words:** inertial force, inertial calculation system, Euler and Dalmber inertial forces, theory of gravitation and cosmogony

Klassik mexanikanın yaranması və inkişafı tarixi ərzində ətalət qüvvələri haqqında həmişə müzakirələr və mübahisələr yaranmışdır.

Məlumdur ki, ətalət hesablama sistemində (ƏHS)  $\vec{F}_i$  fiziki qüvvələrinin təsiri altında m kütləli maddi nöqtənin hərəkəti Nyutonun ikinci qanunu ilə müəyyən edilir:

$$m\vec{a} = \sum_i \vec{F}_i \quad (1)$$

burada  $\vec{a}$  – bu koordinat sistemində maddi nöqtənin təcildir.

Bu maddi nöqtənin qeyri - ətalət hesablama sistemində hərəkəti (QƏHS)  $\vec{a}_r \neq \vec{a}$  təcili ilə baş verir və deməli Nyutonun 2 –ci qanunu bu sistemdə ödənmir.

$$m\vec{a}_r \neq \sum_i \vec{F}_i \quad (2)$$

Lakin,  $\vec{a}$  və  $\vec{a}_r$  təcillərinin öz aralarında

$$\vec{a} = \vec{a}_r + \vec{a}_k + \vec{a}_{kor} \quad (3)$$

şerti ilə əlaqəli olduğunu bilərək (burada  $a_k$  – maddi nöqtənin köçürmə,  $\vec{a}_{kor}$  – isə koriolis təcildir), maddi nöqtənin qeyri - ətalət sistemində hərəkətini təsvir edən tənliyi

$$m\vec{a}_r = \sum_i \vec{F}_i + (-m\vec{a}_k) + (-m\vec{a}_{kor}) \quad (4)$$

şəklində təsvir edə bilərik. Bu, tənliyin sağ tərəfinə daxil olan iki axırıncı toplananı

$$\vec{S} = -m\vec{a}_k - m\vec{a}_{kor} \quad (5)$$

“Eyler ətalət qüvvəsi” kimi şərh etməyə imkan verir. Bundan fərqli olaraq

$$D = -m\vec{a} \quad (6)$$

kəmiyyətini “Dəlamber ətalət qüvvəsi” adlandırırlar. O, maddi nöqtənin ƏHS - ə nəzərən təcilli hərəkəti ilə şərtlənmişdir. “Bu qüvvələrin təbiəti necədir?”, “bu qüvvələr haqqında anlayışları mexanikanın əsas müddəaları və müasir fiziki baxışlarla necə uyğunlaşdırmaq” suallarına birmənalı cavablar hələlik yoxdur.

Bəziləri təsdiq edirlər ki, təbiətdə belə qüvvələr ümumiyyətlə yoxdur, onlar fiktiv qüvvələrdir və yalnız əlverişli olmaq xatirinə və ya bərqərar olmuş tarixi ənənə kimi daxil edilmişlər. Belə ki, akademik A.Y.İlyuşinski yazır [1]: Ətalət qüvvələri fiziki qüvvələr deyildirlər və bu mənada qeyri realdırlar. Belə qüvvələrin daxil edilməsi təmiz şərtidir və buna baxmayaraq, bir sıra hallarda ayrı – ayrı məsələlərin və mexaniki hadisələrin həlli və izahı üçün onlar əlverişli olurlar.

Digərləri [2] onlara “ulduzlar aləmi” – ƏHS -ə nəzərən təcilli hərəkəti zamanı cismə təsir edən real qüvvələr kimi baxırlar.

Nəhayət, üçüncülər [3] bu qüvvələri yalnız QƏHS -ə nəzərən hərəkət zamanı real hesab edirlər. Məhz bu hərəkətlərin xarakteri həmin qüvvələri müəyyən edirlər.

Bu anlayışın yaranması və inkişafı tarixi qısaca necədir?

XVIII əsrin başlanğıcında cismin, ona başqa cisimlərin təsiri olmadıqda öz sükunət və ya düzxətli bərabərsürətli hərəkət halını saxlaması xassəsini ətalət qüvvəsi adlandırmışlar. Bunun başlanğıcını Nyuton qoymuşdur. Özünün “Natural fəlsəfənin riyazi başlanğıcı” əsərində [4], o, mexanikaya “Ətalət qüvvəsi” anlayışını daxil etdi. O, bu anlayışı cismin halında dəyişiklik yaradan materiyanın anadangəlmə qüvvəsi kimi başa düşürdü. Daha sonra o qeyd edir ki, “bu qüvvə həmişə kütlə ilə mütənəsibdir və ətalət kütləsindən yalnız ona baxışla fərqlənir”.

Burada ətalət qüvvəsi dedikdə görünür ki, Nyuton bu sözün müasir anlamında xüsusi qüvvə deyil, bütün cisimlərə xas olan ətalətlik xassəsini başa düşür. Onun istifadə etdiyi anlayış görünür onunla izah olunur ki, Nyutonun dövründə “qüvvə” anlayışı kifayət qədər möhkəmlənməmişdi və müxtəlif mənələrdə işlənirdi. Hər halda belə təəssürat yaranır ki, Nyutonun verdiyi tərifin müəyyən ikili mənası (qüvvə və qeyri – qüvvə) onunla şərtlənə bilər ki, bir sıra hallarda cismin ətalətliyi qüvvənin təzahürü kimi qəbul və hiss edilir. Nyutonun verdiyi bu, bir qədər qeyri – müəyyən, dumanlı tərif müxtəlif izahlar yaratdı. Lakin, sonralar başlıca olaraq Eylerin tənqidi qeydlərinin təsiri altında “Ətalət qüvvəsi” anlayışı Nyuton mənasında istifadə olunmadı.

Bu anlayış, başqa tarixi dövrdə - XIX əsrin birinci yarısında tamamilə başqa mənada fransız sənaye mexanikası məktəbinin müəllimlərinin (J.V.Ponsele) əsərlərində yenidən ortaya çıxdı. m kütləli a təcili ilə hərəkət edən cismin ətalət qüvvəsi dedikdə onlar, bu cismin ona təcil verən başqa bir cismə real əks təsir qüvvəsi başa düşürdülər. Belə qüvvə, məsələn, Hüygensin daxil etdiyi, fırlanan şarın ona bərkidilmiş ipə göstərdiyi mərkəzəqaçma qüvvəsidir.

Lakin, ətalət qüvvəsinə belə baxış da həmçinin əsasən geridə qaldı baxmayaraq ki, ondan hazırda da bəzən istifadə olunur. Sonralar, ətalət qüvvəsi dedikdə, maddi obyektlərin QƏHS – də hərəkətinə baxarkən nəzərə alınmalı olan qüvvələri, yəni Eyler qüvvələrini başa düşməyə başladılar.

Mühəndis təcrübəsində isə  $m\vec{a}$  qüvvələrini ətalət qüvvələri adlandırmağa başladılar. Dəlamber prinsipinə uyğun olaraq, dinamika məsələlərini statika məsələlərinə gətirmək üçün, bu qüvvələri baxılan sistemin hissəciklərinə tətbiq etmək lazımdır. Tədricən bu qüvvələri tez – tez faktiki olaraq sistemin hissəciklərinə təsir göstərən qüvvələr kimi şərh etməyə başladılar.

Dalamber prinsipindən geniş istifadə edildiyinə görə, ətalət qüvvələrinə bu baxış mühəndis fənlərində kök atmağa başladı.

Belə bir sual yaranır : ətalət qüvvələri ilə vəziyyət hazırda necədir? Bu qüvvələrdən gündəlik həyatda, elm və texnikada, müxtəlif effektlərin xüsusilə də cisimlərin fırlanması, sentrifugalın iş prinsipinə, çəkisizlik hadisələrinə, Yer səthinə nəzərən hava və su kütlələrinin hərəkətlərinə baxarkən, maşın və mexanizmlərin hesablamalarında geniş istifadə olunur. Bu zaman “ətalət qüvvəsi” anlayışına tamamilə başqa məna verilir.

1936 – cı ildə rusiyalı akademik L.B.Levensonun “Maşınların statika və dinamikası” kitabına verilmiş rəydə göstərilmişdir ki, kitabda ətalət qüvvələri maşınların təcillə hərəkət edən hissələrinə təsir göstərən real qüvvə kimi şərh olunur ki, bu da düzgün deyildir. Bu tənqiddə, L.B.Levensonun bu günədək aktuallığını itirməyən reaksiyasını qeyd etmək maraqlı olardı. O yazmışdı ki, [5] : Ətalət qüvvələri haqqında məsələdə təkcə nəzəriyyə və praktika arasında tam uyğunsuzluğun mövcudluğu deyil, həm də prinsipial mübahisə göz qabağındadır : texniklər artıq çoxdan ətalət qüvvələri nəzərə alınmaqla maşınların hesablamalarını aparırlar və minlərlə maşınlar artıq belə hesablamalar əsasında işləyirlər ; nəzəriyyələr isə inadla ətalət qüvvələrinin mövcud olmamasını sübut etməyə çalışırlar. Onlar təsdiq edirlər ki, ətalət qüvvələri xəyali qüvvələrdir və hesablamaların əlverişli olması üçün daxil edilmişdir.

Lakin, bu müzakirələrdə problemə vahid nöqtəyi – nəzərə nail olunmamışdır.

Sonralar XX əsrin sonlarında ətalət qüvvələri haqqında məsələ yenə də qızgın mübahisə obyektinə olmuşdur. Bu məsələ barədə əks fikrə malik olan A.Y.İşlinskiyin [1], N.B.Quliyanın [6], kitabları və L.İ.Sedovun məqalələri dərc olunmuşdur.

Görünür ki, bu alimlərdən əksəriyyəti belə hesab edir ki, Dalamber ətalət qüvvələrinə cismin özünə təsir edən real fiziki qüvvə kimi baxmaq olmaz. Belə ki, onlar nə Nyuton mexanikasında qüvvənin bir cismin digər cismə təsiri ölçüsü kimi nə tərifini, nə də onun əsas qanunlarını ödəmir.

Eyler ətalət qüvvələrinə gəldikdə isə bu qüvvələrin təbiətinə müxtəlif baxışlar mövcuddur. Bir çoxları belə hesab edirlər ki, eyler ətalət qüvvələri real fiziki qüvvələr deyildirlər. Belə ki, Nyutonun üçüncü qanununa tabe olurlar və QƏHS – nin hərəkəti ilə müəyyən olunurlar və deməli bir – birinə nəzərən hərəkət edən hesablama sistemlərində müxtəlif olacaqlar. Belə ki, onları “Berkli fizika kursunda” və Fizikadan Feynman mühazirələrində fiktiv və psevdoqüvvələr adlandırırlar. İ.V.Savelyev özünün fizika kursunda yazır : “Ətalət qüvvələri” mexaniki hadisələrin baxıldığı koordinat sisteminin xassələri ilə şərtlənmişdir. Bu mənada onları “fiktiv qüvvələr” adlandırmaq olar. A.Y.İşlinskiyin fikrincə eyler ətalət qüvvələri “verilmiş maddi nöqtənin hər hansı bir başqa cisimlə qarşılıqlı təsirini əks etdirmirlər”.

Lakin, bu fikirlər ətalət qüvvələrinin reallığını qəbul edən bir sıra alimlər tərəfindən qəbul edilmir [9]. Belə ki, akademik V.N.Yuryev yazmışdır ki, “Ətalət qüvvələri yalnız nisbi hərəkətdə mövcud olurlar, mütləq hərəkətdə isə onlar yoxdur və ola da bilməzlər” [3]. Öz nöqtəyi – nəzərini sübut etmək üçün o qeyd etmişdir ki, QƏHS – də bu qüvvələr hissəciklərə təcil verir, iş görür, cisimlərin deformasiyasını yaradır və bu sistemdə quraşdırılmış cihazlar onları qeyd edir.

Cazibə qüvvələri kimi, ətalət qüvvələri də kütləvi qüvvələr olduğundan, müşahidə olunan təcilin hansı dərəcədə cazibə, hansı dərəcədə ətalət qüvvələri tərəfindən yaradıldığını ayırd etmək mümkün olmaya bilməz. Bu nöqtəyi – nəzərdən ətalət qüvvələri də, cazibə qüvvələri qədər realdırlar. Ətalət qüvvələrinin yaranma mənbəyi kimi bir çoxları bizi əhatə edən bütün ulduzlar aləmini hesab edirlər. Bu ulduzlar aləminə nəzərən hesablama sistemlərinin Ətalət və ya qeyri - ətalət hesablama sisteminə aid olduğu qeyd edilir. Bütün bu sualların mənbəyi Max prinsipidir. Bu prinsipə görə Max fərz edir ki, cisimlərin kütləsi və

deməli onların ətalətliliyi bütün hərəkətsiz ulduzlar sferası ilə əlaqədirlər və onunla müəyyən edirlər. Məhz bu sferanın hərəkətinə nəzərən ətalət qüvvələri şərtlənmişlər.

Hələ Maksvell təsdiq edirdi ki, ulduzlar aləmi üfüqdə asılmış kağız fənərlər deyil, çox böyük kütlələrdir.

Q.Bondi [10] göstərmişdir ki, Kainat ixtiyari fiziki eksperimentdə aşkar şəkildə iştirak etmir. Belə ki, ixtiyari fiziki eksperimentdə cisimlərin ətalət xassələri təzahür edirlər.

Maraqlı ideyalardan biri də odur ki ətalət qüvvələrinin cismə təsirini, cismin təcilli hərəkəti zamanı sahənin dəyişməsi prosesində onun öz qravitasiya sahəsi ilə qarşılıqlı təsiri ilə izah etmək olar.

İndi isə L.İ.Sedovun baxışları üzərində [2,7,8] dayanmaq olar. Onun baxışları yuxarıdakılardan xeyli fərqlənir.

O, Nyutonun ikinci qanununu aşağıdakı bərabərlik formasında təsvir edir :

$$-m\vec{a}_r + \sum_i \vec{F}_i = 0 \quad (7)$$

Onun nöqteyi – nəzərinə görə bu bərabərlikdə maddi hissəciyin ətalət qüvvəsi  $-m\vec{a}$  digər real qüvvələrlə bərabər hüquqda iştirak edir. O təsdiq edir ki, [2] ətalət qüvvələri real fiziki qüvvələrdir, onlar mövcuddurlar, onları ölçmək olar, onlar fiziki və bioloji effektlər göstərilər, öz təbiətinə görə qravitasiya qüvvələrindən fərqlənmirlər, cazibə qüvvəsi kimi təcillə hərəkət edən cisimlərə tətbiq olunur.

Əgər, QƏHS – də hissəciyin hərəkətinə baxarkən, adətən ətalət qüvvəsi dedikdə (5) ifadəsindəki bir – birinə nəzərən hərəkət edən müxtəlif koordinat sistemlərində müxtəlif olan  $\vec{S}$  qüvvəsi başa düşülsə, L.İ.Sedovun baxışlarına görə ətalət qüvvələri bütün koordinat sistemlərində eynidir və Dəlamber ətalət qüvvəsi ilə müəyyən edilir, yəni

$$-m\vec{a}_r - m\vec{a}_k - \vec{a}_{kor} = -m\vec{a} \quad (8)$$

Onun sözlərinə görə [7] bütün tənliklərə daxil olan ətalət qüvvələri həmişə yekun ətalət qüvvəsinə bərabər olur və daha sonra o qeyd edir ki, ətalət qüvvələrinin köçürmə QƏHS – nin seçilməsindən asılı olması fikri düzgün deyildir. O, yazır ki, QƏHS – də maddi nöqtənin hərəkət tənliyi aşağıdakı formadadır :

$$-m\vec{a}_r - m\vec{a}_k - m\vec{a}_{kor} + \sum_i \vec{F}_i = 0 \quad (9)$$

L.İ.Sedov hesab edir ki, həm ətalət, həm də cazibə qüvvələrinin mənbəyi qravitasiya sahəsi və fiziki fəzanın xassələridir.

İndi isə aşağıdakı misalda ətalət qüvvələrinə A.Y.İşlinskinin və L.İ.Sedovun baxışlarını müqayisə edək.

Söhbət, nazim çarxın fırlanma sürətini müəyyən həddən yuxarı artırıqda, onun parçalanması səbəbindən gedir.

A.Y.İşlinskinin nöqteyi – nəzərinə görə (ümumi qəbul edilmiş nöqteyi – nəzərlə üst – üstə düşən) nazim çarxın hissəciklərinə mərkəzəqaçma qüvvələri təsir göstərməlidir. Onlar, bu hissəciklərin nazim çarxın digər hissələri ilə qarşılıqlı təsirinin əvəzləyicisidir. Nazim çarxın bütöv halda hərəkəti yalnız o halda mümkündür ki, bu qüvvələrə uyğun gərginlik, nazim çarxın möhkəmlik şərtlərini ödəsin. Əks halda nazim çarx dağılar.

L.İ.Sedov bu hadisəni başqa cür izah edir. O, hesab edir ki, nazim çarx fırlanarkən nazim çarxın baxılan elementlərinə tətbiq olunan mərkəzəqaçma ətalət qüvvələri, onu radius boyunca uzadacaq və bunun da nəticəsində nazim çarxın daxilində uzadıcı gərginlik yaradacaq. Bu daxili gərginlik mərkəzəqaçma qüvvələri ilə balanslaşır, lakin kifayət qədər böyük fırlanma sürətində, nazim çarx dağıla bilər.

Beləliklə, A.Y.İşlinskiyə görə bərabərsürətlə fırlanan nazim çarxın hissəciklərinə qeyri – taraz mərkəzəqaçma qüvvələri təsir edir. Nazim çarxın dağılması o vaxt baş verir ki, nazim çarxın hissəcikləri arasında molekulyar ilişmə qüvvələri, onun fırlanan kütləsini fırlanma oxundan sabit məsafədə saxlamağa kifayət etməsin.

L.İ.Sedovun fikrinə əsasən, fırlanan nazim çarxın hissəciklərinə taraz sistem qüvvələri təsir edir və onun dağılması o vaxt baş verir ki, mərkəzəqaçma ətalət qüvvəsinin qiyməti nazim çarxın materialındakı gərginliyin maksimal qiymətindən çox olsun.

Göründüyü kimi, ətalət qüvvələrinin təbiətinin başa düşülməsinə və onların izahına ümumi qəbul edilmiş yanaşma yoxdur, bu suallara yekun cavab ola bilər ki, fizikanın qravitasiyası və kosmoqoniya nəzəriyyəsinin indiki və gələcək nailiyyətlərinin bazası əsasında veriləcəkdir.

### **Ədəbiyyat**

1. Ишлинский А.Ю. Механика относительного движения и силы инерции.-М.:Наука, 1981
2. Седов Л.И. Замечки к некоторым основаниям естествознания. – Вкн.: Проблемы современной механики. М.:Изд-во. МГУ, 1983
3. Юрьев Б.Н. Опыт новой формулировки основных законов механики Ньютона.-М.: Изд-во АН СССР, 1952
4. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. Спб.1915
5. İ.N.Əliyev., Ş.M.Babayev. Maşın və mexanizmlər nəzəriyyəsi. Gəncə. ADAU nəşr. 2021, 282 s.
6. Гулия Н.В. Инерция. – М.: Наука, 1982
7. Седов Л.И. Очерки, связанные с основами механики и физики. –М.: Знание, 1983
8. Седов Л.И. Научные теории, модели и реальность .-Природа, 1984, №-11
9. Paşayev A.M., Cənəhmədov Ə.X., Kəbirli R.Ə. Tətbiqi mexanika. Bakı, Apastroff, 2014, 512 s.
10. Бонди Г. Гипотезы и мифы физической теории.-М.: Мир, 1972

### **СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ДИСКУССИЯМ О СИЛАХ ИНЕРЦИИ**

***Зарбалиева Вусала Сирач кызы, Рамазанова Лейла Айдын кызы,  
Новрузова Гюльнара Надир кызы***

#### ***Резюме***

В статье рассматриваются современные подходы к природе сил инерции, которые вызвали дискуссии и споры в истории создания и развития классической механики. Установлено, что одни ученые считают, что силы инерции вообще не существуют, эти фиктивные силы, а другие рассматривают силы инерции как реальную силу, действующую на тело при ускоренном движении в отношении к инерциальной системе отчета (ИСО). Третьи считают, что этих сил реальными только при движении в отношении к неинерциальным системам отчета. Однако, был сделан вывод об отсутствии общепринятого подхода к пониманию природы сил инерции и их объяснению. Окончательный ответ на эти вопросы, будет получена основе нынешних и будущих достижений физики, теории гравитации и космогонии

**MODERN APPROACHES TO DISCUSSIONS ABOUT THE FORCES OF INERTIA**

***Zarbaliyeva Vusala Sireac, Ramazanova Leyla Aydin,  
Novruzova Gulnara Nadir***

***Summary***

The article examines modern approaches to the nature of inertial forces which have always caused discussions and debates in the history of the creation and development of classical mechanics. It has been determined that some scientists believe that inertial forces do not exist at all, they are fictitious forces, while others consider inertial forces to be real only during the accelerated motion due to the ICS (inertial reference system). The third ones consider these forces to be real only during the movement due to the ICS. However, it was concluded that there is no generally accepted approach to understanding the nature of inertial forces and their explanation. The final answer to these questions will probably be obtained on the basis of the current and future achievements of physics theory of gravitation and cosmology.

***Rəyçi: dos. Rizvan İmanov***  
***Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin Fizika və riyaziyyat kafedrasının 12.02.2024-cü il tarixli***  
***iclasın 06 sayılı protokolu***  
***Daxil olduğu tarix 12 fevral 2024-cü il***